

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-078358

(43) Date of publication of application : 24.03.1998

(51) Int.CI.

G01L 3/10

(21) Application number : 08-250873

(71) Applicant : NIPPON SEIKO KK

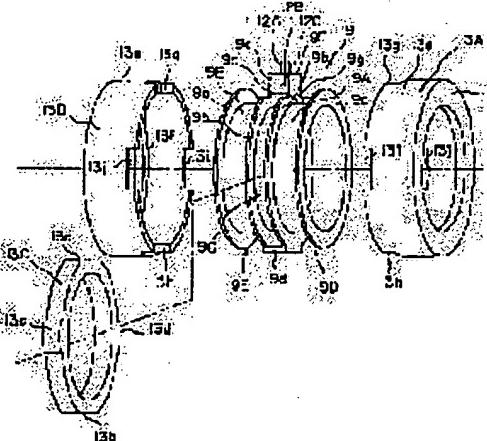
(22) Date of filing : 03.09.1996

(72) Inventor : CHIKARAISHI KAZUO  
SATO KOICHI

## (54) TORQUE SENSOR

### (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a torque sensor whose detecting accuracy can be improved while avoiding a cost increase.



(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-78358

(43)公開日 平成10年(1998)3月24日

(51)Int.Cl.\*

G 0 1 L 3/10

識別記号 庁内整理番号

F I

G 0 1 L 3/10

技術表示箇所

F

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全10頁)

(21)出願番号 特願平8-250873

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(22)出願日 平成8年(1996)9月3日

(72)発明者 力石 一穂

群馬県前橋市島羽町78番地 日本精工株式会社内

(72)発明者 佐藤 浩一

群馬県前橋市島羽町78番地 日本精工株式会社内

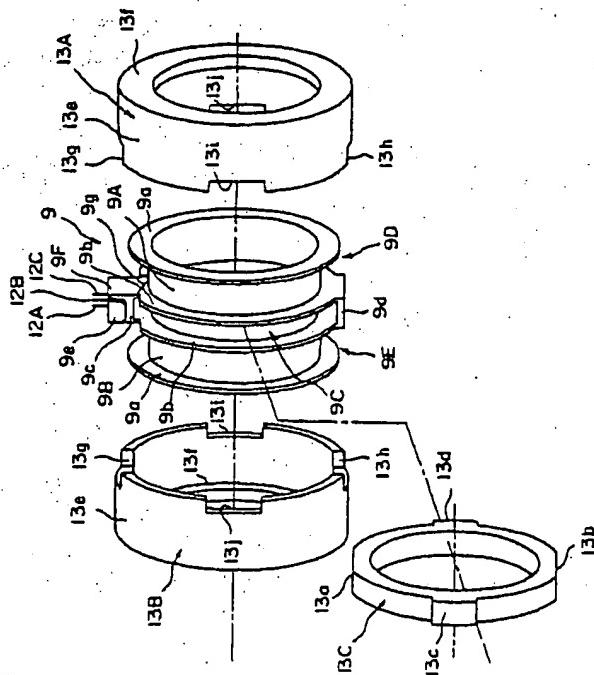
## (54)【発明の名称】トルクセンサ

## (57)【要約】

【課題】実質的に同一特性の二つのコイルをトルクセンサに用いるためには、コイルボビンの管理コストが嵩んでしまう。

【解決手段】プラスチック等の不導体からなり、ハウジング1に入力軸2や出力軸3と同軸に固定されるコイルボビン9に、軸方向に離隔した同軸の二つの円周溝9 A, 9 Bを形成し、それら円周溝9 A, 9 Bにトルク検出用のコイルを一つずつ巻き付ける。連結部9 cの径方向外側を向く端面には、そこからさらに径方向外側に突出する端子取付部9 Fを形成し、この端子取付部9 Fの上面には金属製の三本の端子12 A, 12 B及び12 Cを固定し、端子12 Aには一方のコイルの一端部を巻き付け、端子12 Bには他方のコイルの一端部を巻き付け、端子12 Cには両コイルの他端部を巻き付ける。

10



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ハウジングに回転自在に支持された回転軸と、この回転軸を包囲するように配設された二つのコイルと、前記回転軸に作用するトルクの変化に応じて前記二つのコイルのインピーダンスを互いに逆方向に変化させるインピーダンス可変手段と、を備え、前記二つのコイルの端子電圧の差に基づいて前記回転軸に発生するトルクを検出するようになっているトルクセンサにおいて、

前記回転軸と同軸になるように前記ハウジング側に固定されるコイルボビンを有し、そのコイルボビンには、軸方向に離隔し且つ前記回転軸と同軸の二つの溝を形成し、それら二つの溝に前記コイルを一つずつ巻き付けたことを特徴とするトルクセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、回転軸に発生するトルクを検出するトルクセンサに関し、特に、発生するトルクに応じてインピーダンスが互いに逆方向に変化する二つのコイルを有し、それら二つのコイルの端子電圧の差に基づいてトルクを検出するようになっているトルクセンサにおいて、トルクの検出精度がより向上するようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のトルクセンサとしては、例えば、特開平4-47638号公報や特開平8-5477号公報等に開示されたものがあり、これら従来のトルクセンサは、回転軸に作用しているトルクをコイルのインピーダンス変化に反映させ、そのインピーダンス変化を検出することによりトルクを検出するようになっている。つまり、コイルは回転軸を包囲するように配設されていて、回転軸のトルクに応じた磁気的或いは機械的な構造変化によって、コイルのインピーダンスを変化させるようになっているから、そのインピーダンス変化をコイルの端子電圧を測定することにより検出すれば、回転軸に発生しているトルクを検出することができる。さらに、上述したような従来のトルクセンサにあっては、温度等のトルク以外の要因によるコイルのインピーダンス変化を相殺するために、トルクによってインピーダンスが互いに逆方向に変化するよう二つのコイルを配設し、それら二つのコイルを含むブリッジ回路を形成し、そのブリッジ回路の二つの出力の差に基づいてトルクを検出するようになっている。即ち、トルク以外の要因によってコイルのインピーダンスが変化しても、かかる要因によるインピーダンス変化は、二つのコイルで同じ方向に生じるから、ブリッジ回路の出力電圧の差を求めることにより相殺することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の

2

つのコイルは、各個別のコイルボビンに巻き付けられているため、トルク以外の要因によるインピーダンス変化を確実に相殺するためには、特に各コイルボビンに巻き付けられたコイルの巻き付け張力や素線の径にバラツキがないことが重要となるが、通常の製造工程にあっては、コイルボビンに素線を巻き付けるコイル捲線機は、使用状況等に応じて巻き付け張力が時々刻々と変化してしまうし、また、コイル捲線機は複数台が同時に稼働するのが一般的であり、装置間の巻き付け張力にバラツキがあるのは避けられないし、しかも、コイルとなる素線の径等にもバラツキがある。このため、同一のコイル捲線機によって連続してコイルが巻き付けられた二つのコイルボビンが、最終的に一つのトルクセンサに組み込まれるようにすれば、そのトルクセンサには実質的に同一特性の二つのコイルが用いられるようになるから、トルク以外の要因によるコイルのインピーダンス変化を略確実に相殺することはできるが、これではコイルボビンの管理コストが嵩んでしまう。これに対し、そのような管理を行わない場合には、実質的に同一特性と見なせない二つのコイルが一つのトルクセンサに用いられるということが前提になってしまい、煩雑なブリッジ回路のバランス調整等が必須となるから、やはり製造コストが嵩んでしまう。

【0004】 本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、コスト増大を避けつつ、検出精度の向上が可能なトルクセンサを提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明に係るトルクセンサは、ハウジングに回転自在に支持された回転軸と、この回転軸を包囲するように配設された二つのコイルと、前記回転軸に作用するトルクの変化に応じて前記二つのコイルのインピーダンスを互いに逆方向に変化させるインピーダンス可変手段と、を備え、前記二つのコイルの端子電圧の差に基づいて前記回転軸に発生するトルクを検出するようになっているトルクセンサにおいて、前記回転軸と同軸になるように前記ハウジング側に固定されるコイルボビンを有し、そのコイルボビンには、軸方向に離隔し且つ前記回転軸と同軸の二つの溝を形成し、それら二つの溝に前記コイルを一つずつ巻き付けた。

【0006】 なお、コイルボビンは一体成形品でもよいし、二つ若しくは三つ以上に分割成形したものを組立てた後にコイルを巻くようにしてもよい。そして、本発明によれば、一つのコイルボビンの二つの溝のそれぞれにコイルを巻き付けるようになっているため、煩雑な管理等を行わなくても、実質的に同一規格の二つのコイルを一つのトルクセンサに組み込むことができるから、二つのコイルのインピーダンス誤差は非常に小さく、例え

要若しくは簡易で済む。

【0007】なお、コイルボビンの二つの溝の間には空隙を形成しておき、その空隙内に例えばリング状のヨーク部材をはめ込むとともに、二つの円筒形のヨーク部材でコイルボビンの二つの溝の部分のそれぞれを外側から包囲することにより、各コイルの内径側以外の部分を、ヨークで覆うようにしてもよい。

【0008】また、コイルボビンの二つの溝に挟まれた部分に、径向外側に突出する3本の端子を有する端子取付部を設け、第1の端子には一方のコイルの巻き始めの端部を固定し、第2の端子には他方のコイルの巻き終わりの端部を固定し、第3の端子には一方のコイルの巻き終わりの端部及び他方のコイルの巻き始めの端部を固定するようとする。このようにすれば、第3の端子は二つのコイルの端部が固定される共通端子となるから、巻き付け順を、例えば第1の端子→第3の端子→第2の端子とすることにより、一本の素線でもって連続して二つのコイルを巻き付けることができる。さらに、そのような巻き付け順で素線を巻き付ける場合には、コイルボビンの二つの溝への素線の巻き付け方向を、第3の端子に到達する前後で逆にすることがより好ましい。即ち、かかる巻き付け構造であれば、例えば共通端子である第3の端子をアース側端子とし、第1の端子を一方のコイルの電源側端子、第2の端子を他方の端子の電源側端子とすることにより、二つのコイルの同一方向の駆動電流を供給することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1乃至図10は本発明の一実施の形態を示す図であって、この実施の形態は、本発明にかかるトルクセンサを、車両の電動パワーステアリング装置に適用したものである。

【0010】先ず、構成を説明すると、ハウジング1内には、トーションバー4を介して連結された入力軸2及び出力軸3が、軸受5a, 5b及び5cによって回転自在に支持されている。これら入力軸2、出力軸3及びトーションバー4は、同軸に配置されていて、入力軸2及びトーションバー4間は、それら各端部がスプライン結合されるスリーブ2Aを介して連結され、トーションバー4の他端側は出力軸3内の深く入り込んだ位置にスプライン結合されている。また、入力軸2及び出力軸3は、鉄等の磁性材料から形成されている。なお、入力軸2、出力軸3及びトーションバー4が、本発明における回転軸に相当する。

【0011】そして、入力軸2の図示しない図1右端側には、ステアリングホイールが回転方向に一体に取り付けられており、また、出力軸3の図示しない図1左端側には、例えば公知のラックアンドピニオン式ステアリング装置を構成するピニオン軸が連結されている。従つ

って発生した操舵力は、入力軸2、トーションバー4、出力軸3及びラックアンドピニオン式ステアリング装置を介して、図示しない転舵輪に伝達する。

【0012】入力軸2端部に固定されたスリーブ2Aは、出力軸3端部外周面を包囲するような長さを有している。そして、そのスリーブ2Aの出力軸3端部外周面を包囲する部分の内周面には軸方向に長い複数の凸部2aが形成され、これら凸部2aに対向する出力軸3の外周面には軸方向に長い複数（凸部2aと同数）の溝3aが形成され、それら凸部2a及び溝3aは周方向に余裕を持って嵌め合わされていて、これにより、入力軸2及び出力軸3間の所定範囲（例えば±5度程度）以上の相対回転を防止している。

【0013】そして、出力軸3には、これと同軸且つ一体に回転するウォームホイール6が外嵌し、このウォームホイール6の樹脂製の噛合部6aと、電動モータ7の出力軸7a外周面に形成されたウォーム7bとが噛み合っている。従って、電動モータ7の回転力は、その出力軸7a、ウォーム7b及びウォームホイール6を介して出力軸3に伝達されるようになっており、電動モータ7の回転方向を適宜切り換えることにより、出力軸3に任意の方向の操舵補助トルクが付与されるようになっている。

【0014】さらに、入力軸2と一体となっているスリーブ2Aには、出力軸3の外周面に近接してこれを包囲するように、肉薄の円筒部材8が回転方向に一体に固定されている。

【0015】即ち、円筒部材8は導電性で且つ非磁性の材料（例えば、アルミニウム）から形成されていて、この円筒部材8及びその周囲の斜視図である図2にも示すように、円筒部材8の出力軸3を包囲する部分のうち、スリーブ2Aに近い側には、周方向に等間隔離隔した長方形の複数（この実施例では、九つ）の窓8a, …, 8aが形成され、スリーブ2Aから遠い側には、窓8a, …, 8aと位相が180度ずれるように周方向に等間隔離隔した長方形（窓8aと同形状）の複数（この実施例では、九つ）の窓8b, …, 8bが形成されている。

【0016】また、出力軸3の円筒部材8に包囲された部分の外周面には、軸方向に延びる横断面略長方形の複数（窓8a, 8bと同数、従ってこの例では九つ）の溝3Aが形成されている。

【0017】より具体的には、円筒部材8の周面を周方向にN（この例ではN=9）等分した角度を一周期角度θ（=360°/N、この例ではθ=40度）とし、円筒部材8の出力軸3から遠い側の部分では一周期角度θの一方の端から所定角度の部分が窓8a, …, 8aとなり、残りの部分が塞がっており、また、窓8a, …, 8aとの位相が半周期（θ/2）ずれるように、円筒部材8の出力軸3に近い側の部分では一周期角度θの他方の

の部分が塞がっている。

【0018】ただし、トーションバー4に捩じれが生じていないとき（操舵トルクが零のとき）に、窓8-aの周方向幅中央部と、溝3Aの周方向の一方の端部とが重なり、窓8-bの周方向幅中央部と、溝3Aの周方向の他方の端部とが重なり合うようになっている。従って、窓8-a及び溝3Aの重なり状態と、窓8-b及び溝3Aの重なり状態とは、周方向で逆になっており、窓8-a、8-bの周方向幅中央部と溝3Aの周方向幅中央部とはそれぞれθ/4ずつずれている。

【0019】そして、円筒部材8は、同一規格の二つのコイル10及び11が巻き付けられたコイルボビン9で包囲されている。即ち、コイル10及び11は、円筒部材8と同軸に配置されていて、コイル10は窓8-a、…、8-aが形成された部分を包囲するようにコイルボビン9に巻き付けられ、コイル11は窓8-b、…、8-bが形成された部分を包囲するようにコイルボビン9に巻き付けられている。

【0020】コイルボビン9は、プラスチック等の不導体からなる部材であって、ハウジング1に入力軸2や出力軸3と同軸に固定される。そして、コイルボビン9は、斜視図である図3、平面図である図4、図4のA-A線断面図である図5、側面図である図6にそれぞれ示すように、軸方向に離隔した同軸の二つの円周溝9A、9Bを有し、一方の円周溝9Aにはコイル10が巻き付けられ、他方の円周溝9Bにはコイル11が巻き付けられるようになっている。より具体的には、コイルボビン9は、空隙9Cを介して軸方向に離隔した二つの同寸法の円筒部9D、9Eを有し、それら円筒部9D、9Eの互いに外側を向く外端側には外側フランジ9aが、互いに対向する内端側には内側フランジ9bが形成されている。そして、円筒部9D及び9Eの内側フランジ9b同士が、周方向に180度離隔した二位置に形成される連結部9c、9dを介して連結されている。連結部9c及び9dは、空隙9Cを跨ぐように径方向外側に突出した凹形状となっている。

【0021】一方の連結部9cの径方向外側を向く端面には、そこからさらに径方向外側に突出する略直方体状の端子取付部9Fが形成されていて、この端子取付部9Fの上面には、金属製の三本の端子12A、12B及び12Cが、径方向外側に突出するように固定されている。これら端子12A～12Cは、円周溝9A、9Bの接線方向に沿って所定距離離れて並ぶように固定されている。なお、ここでは、端子取付部9Fを上側に位置させた状態で円筒部9Dをその外側フランジ9a側から見た場合（図5参照）に、左側に位置する端子を第1の端子12A、中央に位置する端子を第2の端子12B、右側に位置する端子を第3の端子12Cとする。

【0022】また、端子取付部9Fの両端面には、円周

9e、9fが形成されている。これら凸部9e、9fは、その幅及び高さが端子取付部9Fの端面よりも小さくて厚みの薄い凸部である。さらに、端子取付部9F及び連結部9cの円周溝9A側の側面には、その円周溝9Aに近い部分を若干肉厚にすることにより、図5において凸部9eの下側の位置から斜め右下に伸びる細い段差9gが形成されている。同様に、端子取付部9F及び連結部9cの円周溝9B側の側面には、その円周溝9Bに近い部分を若干肉厚にすることにより、凸部9fの下側の位置から斜めに伸びる細い段差9hが形成されている。

【0023】このような形状のコイルボビン9の円周溝9A、9Bにコイル10、11が巻き付けられるのであるが、それらコイル10、11の巻き付けは、一のコイル捲線機によって連続して行われるようになっている。コイル10、11の巻き付け手順を図4を伴って詳細に説明すると、先ず、第1の端子12Aに、反時計方向に素線を巻き付けた後に、図4①で示すように、その素線を図4で左斜め上方に引っ張り、凸部9eの円周溝9B側の側面から下面側に回り込ませて、円周溝9A側に引き出す。円周溝9A側に引き出した素線は、段差9gに沿って円周溝9A表面に徐々に近づけ、円周溝9Aをその外側フランジ9a側から見た状態（図5参照）で時計方向に、規定回数だけ円周溝9Aに巻き付ける。

【0024】円周溝9Aに規定回数だけ巻き付けたら、図4②で示すように、再び円周溝9Aから素線を離し、凸部9fの下面から円周溝9B側の側面を通じて端子取付部9Fの上面側に引き出し、そこから第3の端子12Cに反時計方向に数回巻き付ける。そして、図4③で示すように、その素線を図4で右斜め下方に引っ張り、凸部9fの円周溝9A側の側面から下面側に回り込ませて、円周溝9B側に引き出す。円周溝9B側に引き出した素線は、段差9hに沿って円周溝9B表面に徐々に近づけ、円周溝9Bをその外側フランジ9a側から見た状態で時計方向に、規定回数だけ円周溝9Bに巻き付ける。

【0025】円周溝9Bに規定回数だけ巻き付けたら、図4④で示すように、再び円周溝9Bから素線を離し、凸部9eの下面から円周溝9A側の側面を通じて端子取付部9Fの上面側に引き出し、そこから第2の端子12Bに反時計方向に数回巻き付け、これでコイルの巻き付けを完了する。

【0026】この状態では、各端子12A～12Cには、導線を絶縁体で被覆してなる素線がそのまま巻き付けられているため、各端子12A～12Cと素線との間では導通が採られていないが、巻き付けを完了した後に、各端子12A～12Cをその先端側から半田槽に浸漬すれば、各端子12A～12Cに半田が付着するとともに、その半田の熱によって素線の被覆が溶けるから、

しかも、上記のような巻き付け手順であると、図4からも判るように、端子取付部9F上面において素線同士が交差する事がないから、上記半田固定の際に素線同士が途中で短絡することも防止できる。

【0027】さらに、図3に分解して示すように、コイルボビン9には、その円周溝9A及び9Bを外側から覆うように略円筒形状のヨーク部材13A、13Bが固定されるとともに、コイルボビン9の空隙9C内には、略リング状のヨーク部材13Cが嵌め込まれるようになっている。

【0028】図3の他に、各ヨーク部材13A～13Cを固定した状態での平面図である図7、図7のB-B線断面図である図8、図8のC-C線断面図である図9にも示すように、ヨーク部材13Cは、空隙9Cを跨ぐ二つの連結部9c及び9dの径方向内側の面と整合するように、その外周面の周方向に180度離隔した二位置に平坦部13a、13bが形成されている。また、ヨーク部材13Cの内径は円筒部9D、9Eの内径と同寸法となっていて、ヨーク部材13Cの外径は内側フランジ部9bの外径と同寸法となっている。ただし、ヨーク部材13Cの外周面の平坦部13a、13bから90度ずつ離隔した二位置には、ヨーク部材13Cと同幅で、ヨーク部材13A及び13Bの肉厚よりも若干薄い厚さだけ径方向外側に突出するように、凸部13c、13dが形成されている。このため、ヨーク部材13Cをコイルボビン9の空隙9Cに嵌め込むと、凸部13c、13dが内側フランジ9bよりも突出するようになる。

【0029】これに対し、ヨーク部材13A及び13Bは、同形状の部材であって、コイル10、11が巻き付けられた状態のコイルボビン9に外嵌する円筒部13dと、コイルボビン9に固定される際に軸方向外側を向く端部に形成されたリング状の底部13eとから構成されていて、底部13eの内径は、コイルボビン9の円筒部9D、9Eの内径と同寸法となっている。そして、円筒部13dの底部13eとは逆側の端部には、互いに周方向に90度ずつ離隔して四つの凹部13g、13h、13i、13jが形成されている。

【0030】これら凹部13g～13jのうち、凹部13gは端子取付部9Fに嵌合する凹部であり、凹部13hは連結部9dに嵌合する凹部であり、凹部13i、13jはヨーク部材13Cの凸部13c、13dに嵌合する凹部である。

【0031】凹部13i、13jは、その幅方向（周方向）寸法は凸部13c、13dの長さ方向（周方向）寸法よりも若干小さくなっているが、その深さ方向（軸方向）寸法は凸部13c、13dの厚さ方向（軸方向）寸法の丁度半分となっている。従って、コイルボビン9に、ヨーク部材13Cを固定するとともに、ヨーク部材13A、13Bを外嵌させると、それらヨーク部材13c

が凸部13c、13dに当接することにより規制される。

【0032】一方、凹部13gは、その幅方向寸法は凸部9e及び9fを含む端子取付部9Fの長さ方向寸法と同じになっているが、その深さ方向寸法は端子取付部9Fの厚さ方向寸法の半分よりも大きくなっている。同様に、凹部13hは、その幅方向寸法は連結部9dの長さ方向寸法と同じになっているが、その深さ方向寸法は連結部9dの厚さ方向寸法の半分よりも若干大きくなっている。従って、コイルボビン9にヨーク部材13A、13Bを外嵌させると、それらヨーク部材13A、13Bの回転方向位置は、凹部13g、13hの内側面が、端子取付部9F、連結部9dの端面に当接することにより規制される。

【0033】さらに、凹部13gの寸法を上記のように設定しているため、その凹部13gの内側面は凸部9e、9fの端面に当接することになるが、その凸部9e、9fの側面、下面と凹部13g内面との間には隙間が確保される。この結果、凸部9e、9f外面に沿って配設されるコイル10、11用の素線が凹部13g内面と凸部9e、9fとの間に挟み込まれるようないかから、素線の被覆が破損してヨーク部材13A、13Bとの間で短絡しまうことを回避できる。

【0034】なお、ハウジング1内のウォームホイール6が配設されている空間とコイルボビン9が配設されている空間との間は、金属製のシール部材17によって隔壁されていて、これによりウォームホイール6及びウォーム7の噛み合い部分に供給される潤滑油がコイルボビン9側に入り込まないようになっている。

【0035】そして、各端子12A～12Cの端部はハウジング1を貫通してセンサケース18内に至っており、コイル10及び11は、それら各端子12A～12Cを介して、センサケース18内の制御基板19上に構成されているモータ制御回路に接続されている。モータ制御回路は、例えば図10に示すように、所定周波数の交流電流を定電流部20を介してコイル10、11に供給する発振部21と、コイル10の端子電圧を整流及び平滑して出力する整流・平滑回路22と、コイル11の端子電圧を整流及び平滑して出力する整流・平滑回路23と、整流・平滑回路22の出力及び整流平滑回路23の出力の差を增幅して出力する差動アンプ24A、24Bと、差動アンプ24Aの出力から高周波ノイズ成分を除去するノイズ除去フィルタ25Aと、差動アンプ24Bの出力から高周波ノイズ成分を除去するノイズ除去フィルタ25Bと、それらノイズ除去フィルタ25A、25Bの出力の例えれば平均値に基づいて入力軸2及び円筒部材8の相対回転変位の方向及び大きさを演算しその結果に例えれば所定の比例定数を乗じて操舵系に発生している操舵トルクを求めるトルク演算部26と、トルク演算

補助トルクが発生するような駆動電流  $I$  を電動モータ 7 に供給するモータ駆動部 27 と、から構成されている。

【0036】なお、本実施の形態では、コイル 10, 11 は三つの端子 12A～12C を介してモータ制御回路に接続されているが、それら三つの端子のうち、コイル 10 の一方の端部（素線の巻き始め端部）が接続される第 1 の端子 12A は、電気抵抗  $R$  を介して発振部 21 側に接続され、コイル 11 の一方の端部（素線の巻き終わり端部）が接続される第 2 の端子 12B は、他の電気抵抗  $R$  を介して発振部 21 側に接続され、コイル 10, 11 の他方の端部（素線の中間部）が接続される共通の第 3 の端子 12C は、アース側に接続されている。

【0037】次に、本実施の形態の動作を説明する。今、操舵系が直進状態にあり、操舵トルクが零であるものとすると、入力軸 2 及び出力軸 3 間には相対回転は生じない。従って、出力軸 3 と円筒部材 8 との間にも、相対回転は生じない。

【0038】一方、ステアリングホイールを操舵して入力軸 2 に回転力が生じると、その回転力は、トーションバー 4 を介して出力軸 3 に伝達される。このとき、出力軸 3 には、転舵輪及び路面間の摩擦力や出力軸 3 の図示しない左端側に構成されたラックアンドピニオン式ステアリング装置のギアの噛み合い等の摩擦力に応じた抵抗力が生じるため、入力軸 2 及び出力軸 3 間には、トーションバー 4 が捩じれることによって出力軸 3 が遅れる相対回転が発生し、出力軸 3 及び円筒部材 8 間にも相対回転が生じる。

【0039】円筒部材 8 に窓がない状態では、円筒部材 8 は導電性で且つ非磁性の材料からなるから、コイルに交流電流を流してコイル内部に交番磁界を生じさせると、円筒部材 8 の外周面にコイル電流と反対方向の渦電流が発生する。

【0040】この渦電流による磁界とコイルによる磁界とを重ね合わせると、円筒部材 8 の内側の磁界は相殺される。円筒部材 8 に窓 8a, 8b を設けた場合、円筒部材 8 の外周面に生じた渦電流は、窓 8a, 8b によって外周面を周回できないため、窓 8a, 8b の端面に沿って円筒部材 8 の内周面側に回り込み、内周面をコイル電流と同方向に流れ、また隣の窓 8a, 8b の端面に沿って外周面側に戻り、ループを形成する。

【0041】つまり、コイルの内側に、渦電流のループを周方向に周期的に ( $\theta = 360/N$ ) に配置した状態となる。コイル電流と渦電流の作る磁界は重ね合わされ、円筒部材 8 の内外には、周方向に周期的な磁界の強弱と、更に中心に向かうほど小さくなる勾配を持った磁界が形成される。周方向の磁界の強弱は隣り合う渦電流の影響を強く受ける窓 8a, 8b の中心部分で強く、そこから半周期 ( $\theta/2$ ) ずれたところが弱くなる。そして、円筒部材 8 の内側には、磁性材料からなる出力軸 3

凸部及び凹部が窓 8a, 8b と同じ周期を持って形成されているが、磁界中に置かれた磁性体は磁化して、自発磁化（磁束）を発するがその量は飽和に至るまでは磁界の強さに応じて大きくなる。

【0042】このため、円筒部材 8 によって作られる周方向に周期的な強弱と半径方向に勾配を持つ磁界によって、出力軸 3 の自発磁化は、円筒部材 8 との相対的な位相によって増減する。自発磁化が最大となる位相は、窓 8a, 8b の中心と凸部の中心とが一致した状態である。

【0043】そして、自発磁化の増減に応じて、コイル 10, 11 のインダクタンスも増減し、その変化は、ほぼ正弦波状となる。トルクが作用しない状態においては、自発磁化（インダクタンス）が最大となる位相に対して  $1/4$  周期 ( $\theta/4$ ) ずれた状態となっており、更にスリーブ 2A に近い側の窓列と他方の窓列との位相は前述のように  $1/2$  周期 ( $\theta/2$ ) の位相差としてある。

【0044】このため、トルクにより円筒部材 8 と出力軸 3 に位相差が生じると、二つのコイル 10, 11 のインダクタンスの一方は増加し、他方は同じ割合で減少するが、コイル 10, 11 のインダクタンスがこのように変化すれば、電流增幅部 26 から供給される電流の周波数が一定という条件下では、コイル 10 及び 11 のインピーダンスも同様の傾向で変化するし、コイル 10 及び 11 の自己誘導起電力も同様の傾向で変化する。従って、コイル 10 及び 11 の端子電圧の差を求める差動アンプ 24A 及び 24B の出力は、操舵トルクの方向及び大きさに従って変化するようになる。また、差動アンプ

24A 及び 24B において整流・平滑回路 22, 23 の差を求めているため、温度等による自己インダクタンスの変化は相殺される。

【0045】そして、トルク演算部 26 は、ノイズ除去フィルタ 25A, 25B を介して供給される差動アンプ 24A, 24B の出力の平均値を演算し、その値に例えば所定の比例定数を乗じて操舵トルクを求め、その結果をモータ駆動部 27 に供給する。モータ駆動部 27 は、操舵トルクの方向及び大きさに応じた駆動電流  $I$  を電動モータ 7 に供給する。

【0046】すると、電動モータ 7 には、操舵系に発生している操舵トルクの方向及び大きさに応じた回転力が発生し、その回転力がウォームギア等を介して出力軸 3 に伝達されるから、出力軸 3 に操舵補助トルクが付与されたことになり、操舵トルクが減少し、操縦者の負担が軽減される。

【0047】さらに、本実施の形態にあっては、上記したように温度等による自己インダクタンスの変化を相殺するために二つのコイル 10, 11 を設けているが、それらコイル 10, 11 を共通のコイルボビン 9 に巻き付

11

連続して二つのコイル 10, 11 を巻き付けるようにしているから、それらコイル 10, 11 の張力や素線径のバラツキは極めて小さくすることができる。このため、煩雑な管理等を行わなくても同一規格と見なせる二つのコイル 10, 11 を一つのトルクセンサに組み込むことができるし、それらコイル 10, 11 間の芯ずれも生じないから、から、図 10 のようなモータ制御回路と接続した段階でのブリッジ回のバランス調整は不要若しくは簡易で済む。よって、コストの大幅な増大を招くことなく、トルク以外の要因によるコイル 10, 11 のインダクタンス変化を確実に相殺することができるから、検出精度の高いトルクセンサとすることが可能である。

【0048】また、本実施の形態であれば、三つの端子 12A～12Cに対する素線の巻き付け手順を上述のようにするとともに、凸部 9e, 9f の周囲に隙間を形成し、その隙間に素線を配するようにしているから、素線の中途部同士や、素線とヨーク部材 13A, 13Bとの間等で短絡が生じるようなことを、より確実に回避することができる。

【0049】さらに、本実施の形態では、円筒形のヨーク部材 13A, 13B とリング状のヨーク部材 13C とを適宜嵌め合わせることにより、ヨーク部材 13A～13C 全体の芯ずれは生じ難いし、また、ヨーク部材 13A～13C の軸心とコイルボビン 9 の軸心との間のずれも生じ難くなっている。かかる利点も、トルクセンサの検出精度を向上することに寄与する。

【0050】また、コイルボビン 9 を二つのコイル 10, 11 で共通の部材としたため、部品点数の削減し、ハウジング 1 への組み付け工数も削減するから、これによってもコスト低減が図られるという利点もある。

【0051】そして、本実施の形態では、上述のような手順でコイルボビン 9 に素線を巻き付けているため、コイル 10, 11 の巻き付け方向は逆であっても、第 1 の端子 12A 及び第 2 の端子 12B のそれぞれを電気抵抗 R を介して電源側に接続し、コイル 10, 11 で共通となる第 3 の端子 12C をアース側に接続しているから、電流の流れる向きはコイル 10, 11 で共通となり、コイル 10, 11 の極性は同じにすることができるのである。

【0052】なお、上記実施の形態では、第 1 の端子 1 40 2A 及び第 2 の端子 1 2B のそれぞれを電気抵抗 R を介して電源側に接続し、第 3 の端子 1 2C をアース側に接続しているが、これに限定されるものではなく、例えば、第 3 の端子 1 2C を定電流部 20 を介して発振部 2 1 側に接続するとともに、第 1 の端子 1 2A を電気抵抗 R を介してアース側に接続し、第 2 の端子 1 2B を他の電気抵抗 R を介してアース側に接続するようにしても、トルクの検出は可能である。

【0053】また、上記実施の形態では、本発明に係る

12

適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、他の用途のトルクセンサであっても適用可能である。

【0054】ここで、本実施の形態にあっては、入力軸 2, スリーブ 2A, 出力軸 3, 溝 3A, トーションバー 4 及び円筒部材 8 によってインピーダンス可変手段が構成される。

【0055】なお、上記実施の形態では、コイルボビン 9 を一体成形品としているが、これに限定されるものではなく、例えば図 11 に示すように、コイルボビン 9 を、その連結部 9c, 9d を境に円筒部 9D, 9E 每に分割できる構造としてもよい。つまり、円筒部 9D, 9E 每に二つに分割された各部材をそれぞれ成形し、それらを後に組み合わせてコイルボビン 9 とし、コイル 10, 11 を巻き付けるようにしてもよく、このようにコイルボビン 9 を分割型にすれば、複雑な形状であっても容易に且つ安価に製造することができる。また、コイルボビン 9 の組立て時の手間を簡易にするために、図 11 に示すように、分割された各連結部 9c, 9d のそれぞれの当接面に互いに嵌まり合うように凹部 9f や凸部 9g を形成するようにしてもよい。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、回転軸と同軸になるようにハウジング側に固定されるコイルボビンに、軸方向に離隔し且つ前記回転軸と同軸の二つの溝を形成し、それら二つの溝に前記コイルを一つずつ巻き付けたため、それらコイルの張力や素線径のバラツキは極めて小さくすることができ、煩雑な管理等を行わなくても同一規格と見なせる二つのコイルを一つのトルクセンサに組み込むことができるから、コストの大増大を招くことなく、トルク以外の要因によるコイルのインダクタンス変化を確実に相殺することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施の形態を示す全体の断面図である。

【図 2】コイル及びその周辺の構造を示す斜視図である。

【図 3】コイルボビン及びヨーク部材の組立状態を示す斜視図である。

【図 4】コイルボビンの平面図である。

【図 5】図 4 の A-A 線断面図である。

【図 6】コイルボビンの側面図である。

【図 7】ヨーク部材を組み付けた状態でのコイルボビンの平面図である。

【図 8】図 7 の B-B 線断面図である。

【図 9】図 8 の C-C 線断面図である。

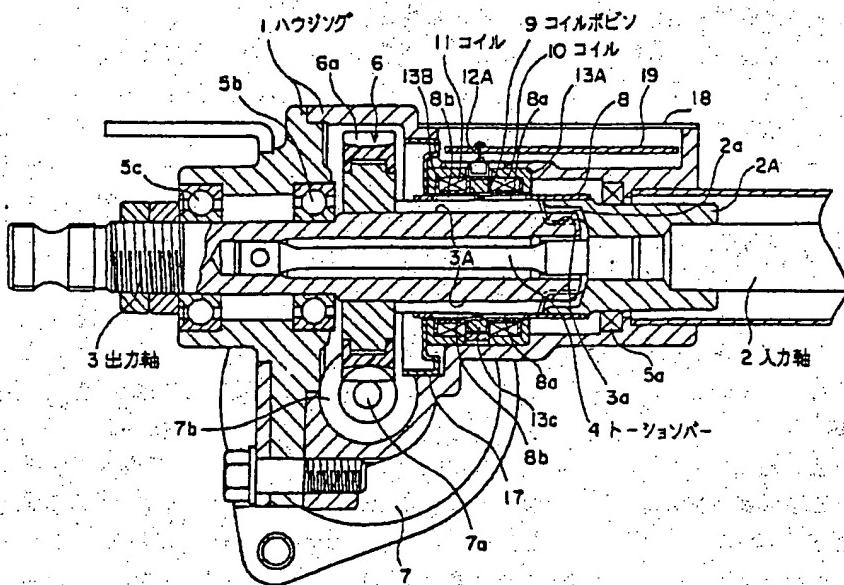
【図 10】モータ制御回路の一例を示す回路図である。

【図 11】コイルボビンを分割型にした場合の斜視図で

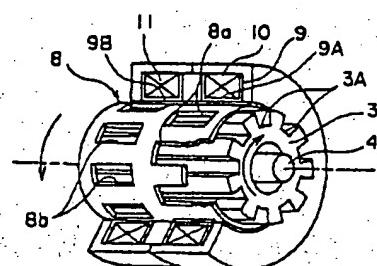
## 【符号の説明】

1	ハウジング	10, 11	コイル
2	入力軸（回転軸）	12A~12C	端子
3	出力軸（回転軸）	13A~13C	ヨーク部材
3A	溝	20	定電流部
4	トーションバー（回転軸）	21	発振部
8	円筒部材	22, 23	整流・平滑回路
8a, 8b	窓	24A, 24B	差動アンプ
9	コイルボビン	25A, 25B	ノイズ除去フィルタ
9A, 9B	円周溝	26	トルク演算部
9F	端子取付部	27	モータ駆動回路

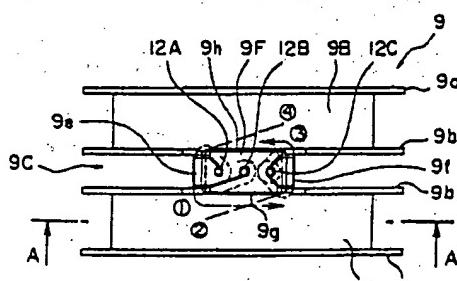
【図1】



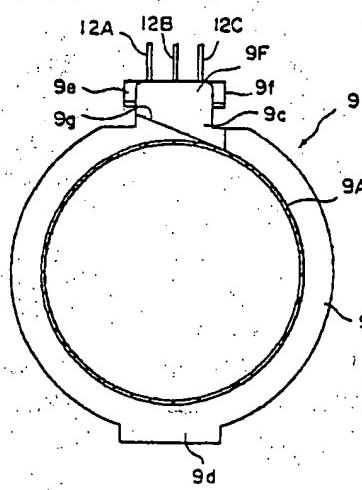
【図2】



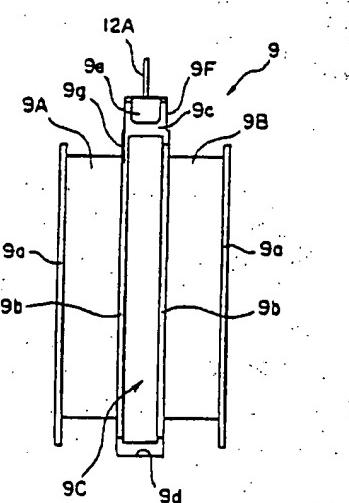
【図4】



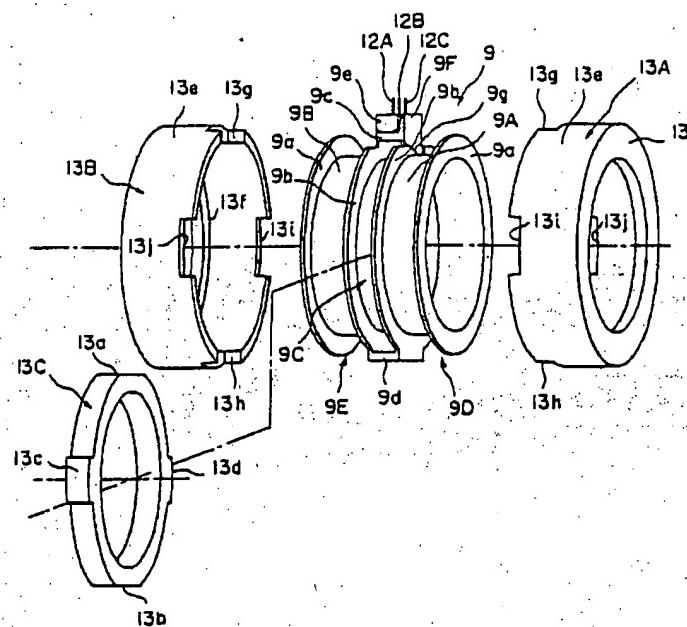
【図5】



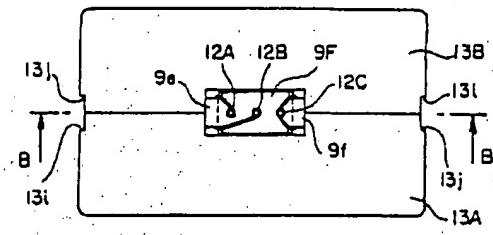
【図6】



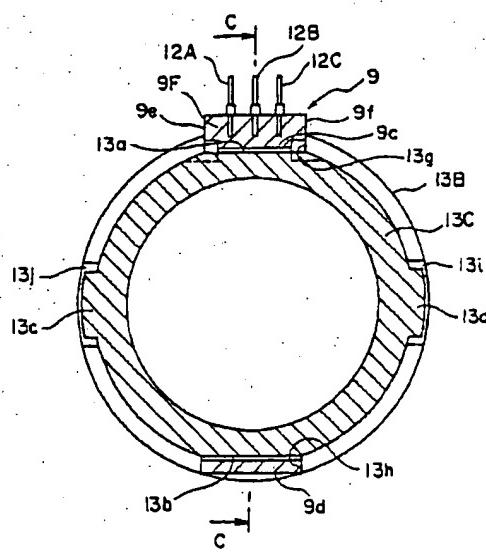
[图3]



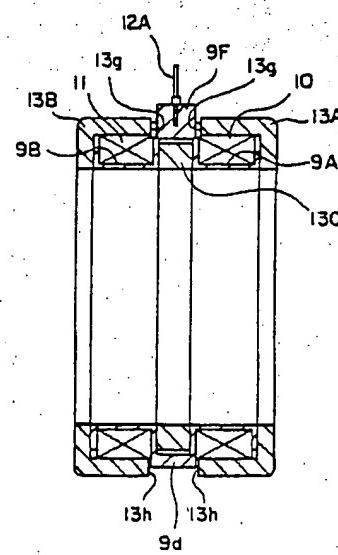
[图 7]



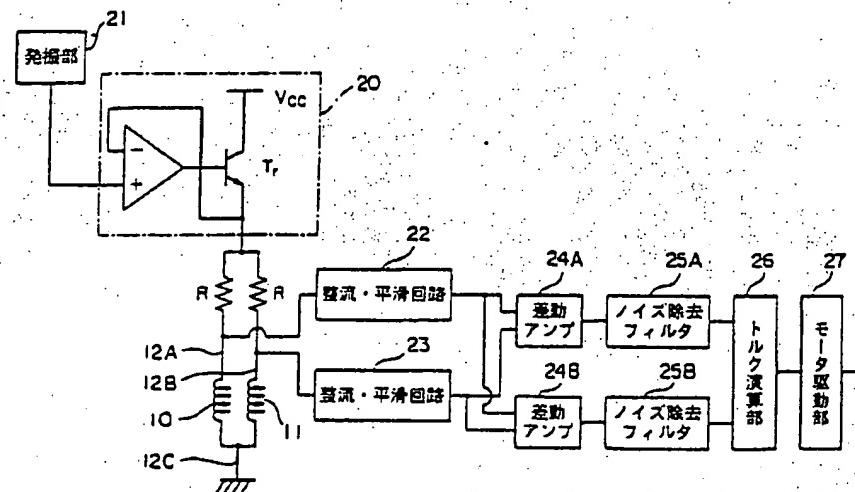
[图 8]



[图9]



【図10】



【図11】

